

KARIN BERG, GASDAGARNA 23 -05-24



# Biologisk metanisering av syngas från förgasning och pyrolysis

Lovande koncept mot implementering

Metanisering är omvandling av CO och/eller CO<sub>2</sub> till CH<sub>4</sub> genom kemiska reaktioner

I biologisk metanisering är det metanbildande mikrobers metabolism som driver omvandlingen

# Bakgrund till projektet

- Metanisering behövs för att möta ett ökat behov av biometan
  - RePowerEU -> Produktionsmål att 10-dubbla befintlig biometanproduktionskapacitet i EU
- Termokemisk omvandling av lignocellulosa-rik biomassa följt av metanisering ökar mängden substrat tillgängligt för biometanproduktion
- RISE jobbar med att utveckla biologisk metanisering
  - Skalar nedåt, tål mer föroreningar
  - Tidigare gjorda studier

Projektet syftar till att föra metanproduktion genom biologisk syngasmetanisering närmare kommersiell användning

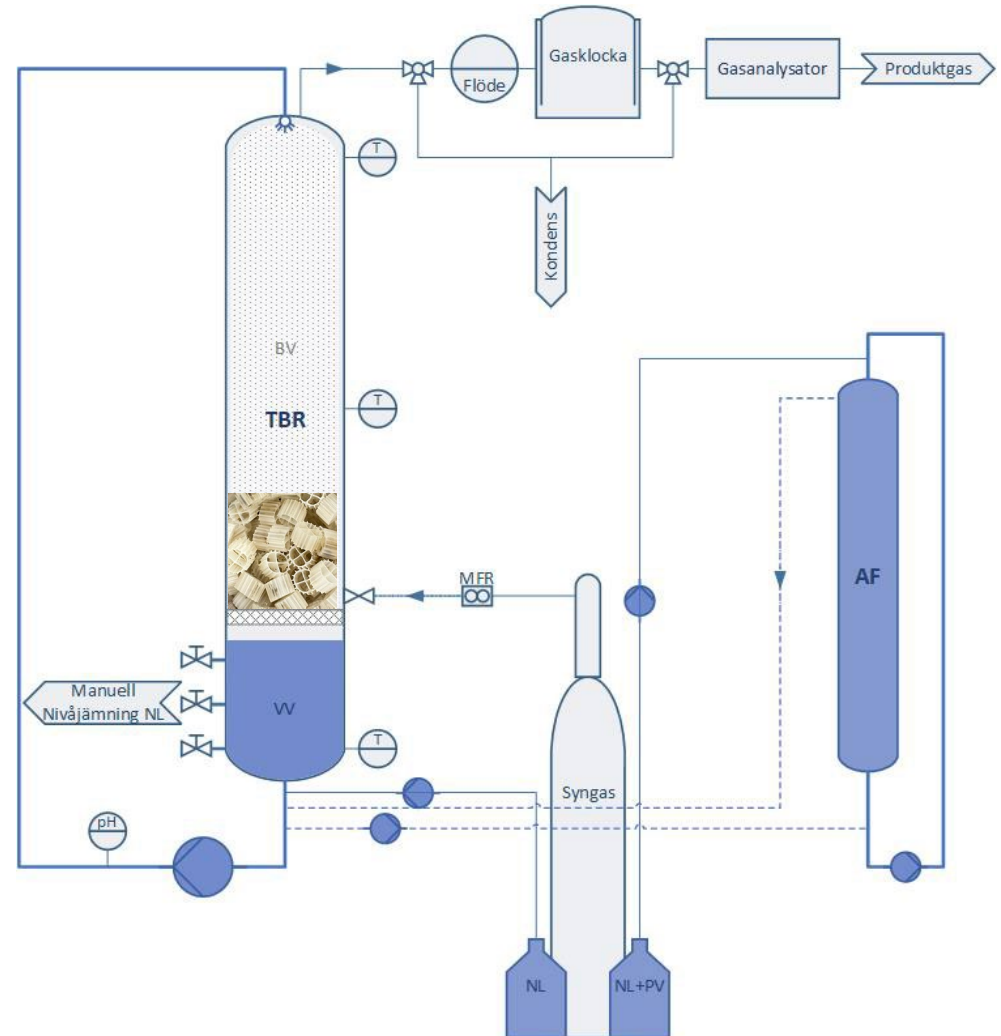
# Agenda

- Nyckelförsök i TBR
  - Test av mikrobiologins robusthet mot föroreningar (pyrolysvatten, bensen och naftalen)
- Kartläggning av produktionssystem för syngas i skala 6-30 MW
- Teknoekonomiberäkningar på utvalda syngasproduktionssystem som är lovande för kombination med biologisk metanisering
- Nästa projekt; Biomethaverse



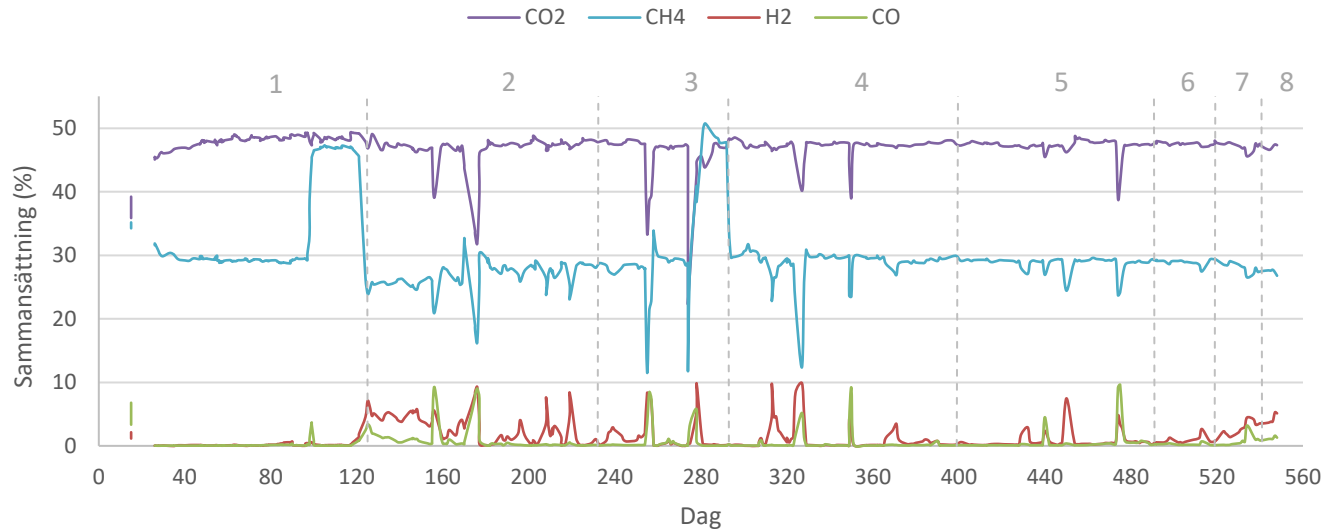
# Nyckelförsök

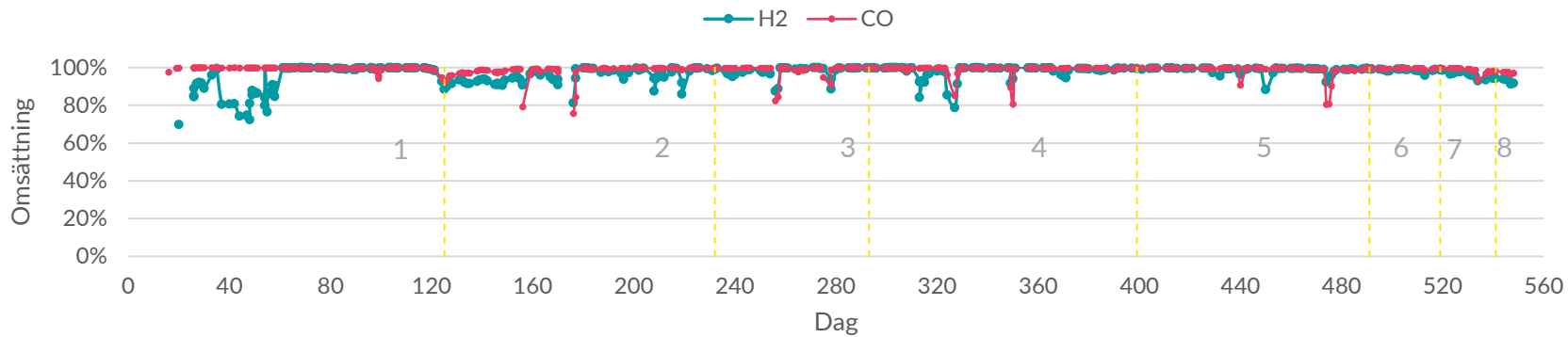
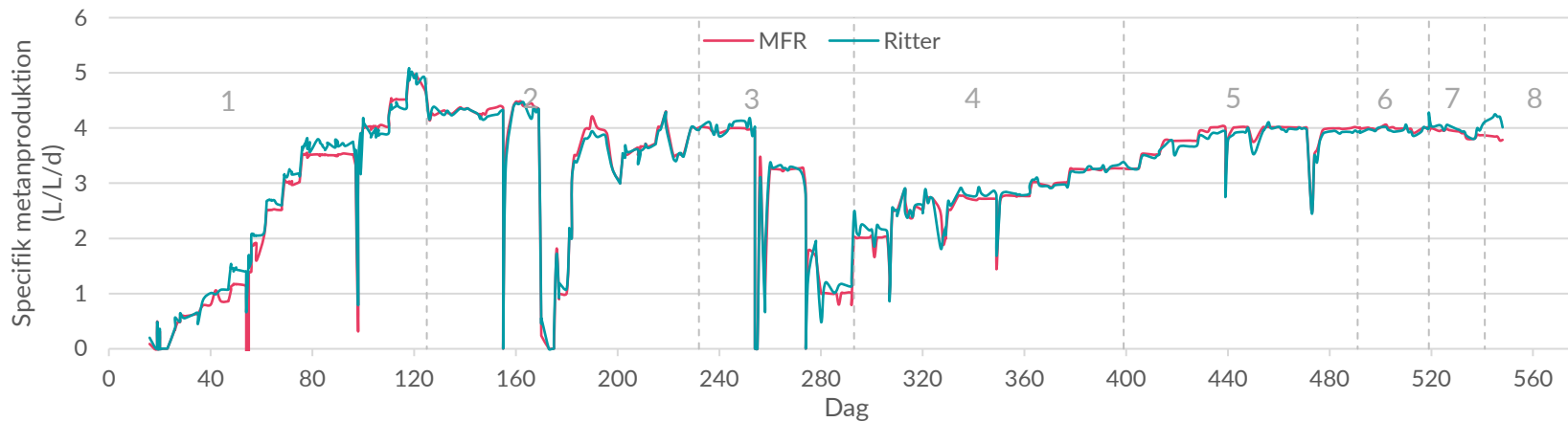
- TBR (Trickle bed reactor)
- 5L bäddvolym (BV)
- AnoxK<sup>TM</sup>1
  - Effektiv yta 500 m<sup>2</sup>/m<sup>3</sup>
- Test av förbehandling av föroreningar i anaerobfilter
- Drift i 560 dagar termofilt 57°C
- Flaskförsök med bensen och naftalen



# Gassammansättning in och ut

Gassammansättning	Syngas 1 (generisk syngas) %	Syngas 2 (reservgas, motsvarar Cortus syngas) %
N2 (ersätter metan i syngas)	10	0
H2	40	56
CO	30	30
CO2	20	14



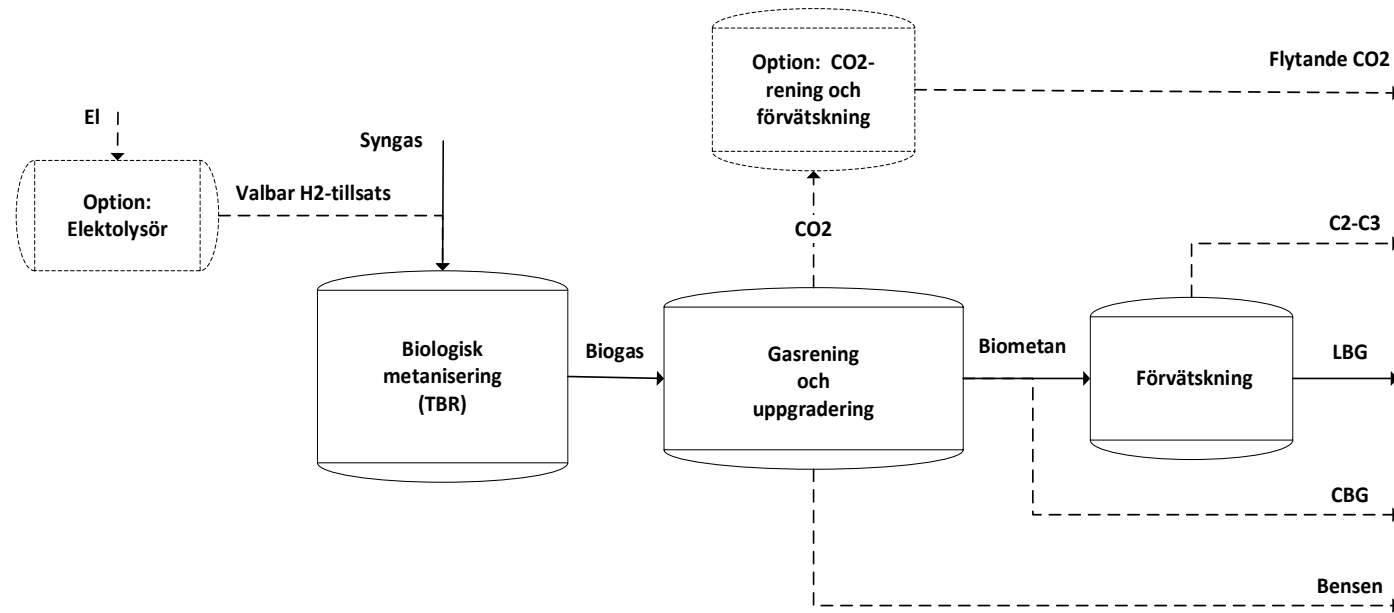


# Kartläggning syngas

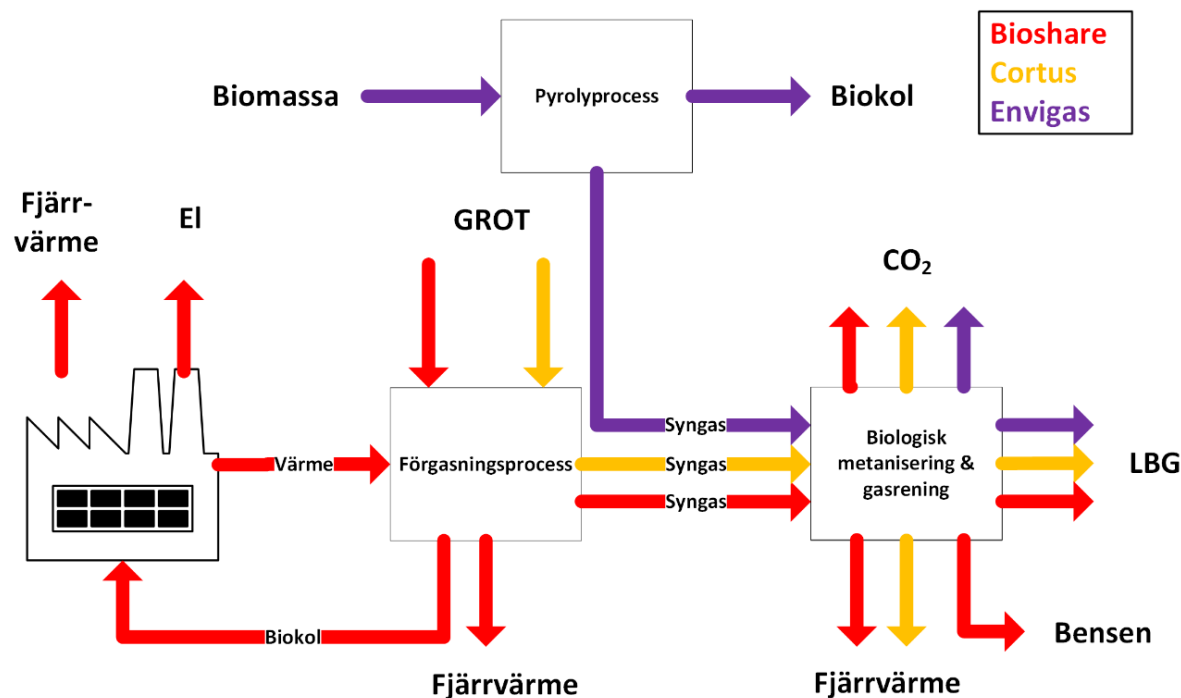
	Unit	Milena	Bioshare	Cortus	MEVA (syrgasblåst)	Torrgas	Envigas	BTG
CO <sub>2</sub>	Vol% dry gas	28	11	13	22	8	34	49
CO	Vol% dry gas	28	34	30	37	52	40	37
H <sub>2</sub>	Vol% dry gas	27	37	55	27	37	9	5
CH <sub>4</sub>	Vol% dry gas	11	12	2	10	2	15	6
C <sub>2</sub> H <sub>x</sub>	Vol% dry gas	4	5	0	3	?	3	3
Scale	MW syngas	50 - 500	10 - 100	6 - 50	3,5 - 7	10 - 100	10 - 30	15
Tjär-rening		OLGA	Oljeskrubber (& filter)	Nej	Vatten-skrubber & partikelfilter	Ja, men inte helt fastställt	Kondensering	Kondensering
Lämplig för biologisk metanisering		Ja	Ja	Ja	Kanske	Ja	Ja	kanske



# Teknoekonomisk utvärdering



### 3 undersökta typanläggningar



- Bioshare
  - Fluidbäddsförgasning
  - Unik processintegrering med kraftvärmeanläggning
  - Rel. hög föroreningshalt (mycket tjära och C2-C6)
- Cortus
  - Pyrolys+indirekt förgasning
  - Ren syngas
- Envigas
  - Långsam pyrolyprocess
  - Biokol är huvudprodukt
  - Ingen värmeintäkt från fjärrvärme

# Generell indata ekonomiberäkningar

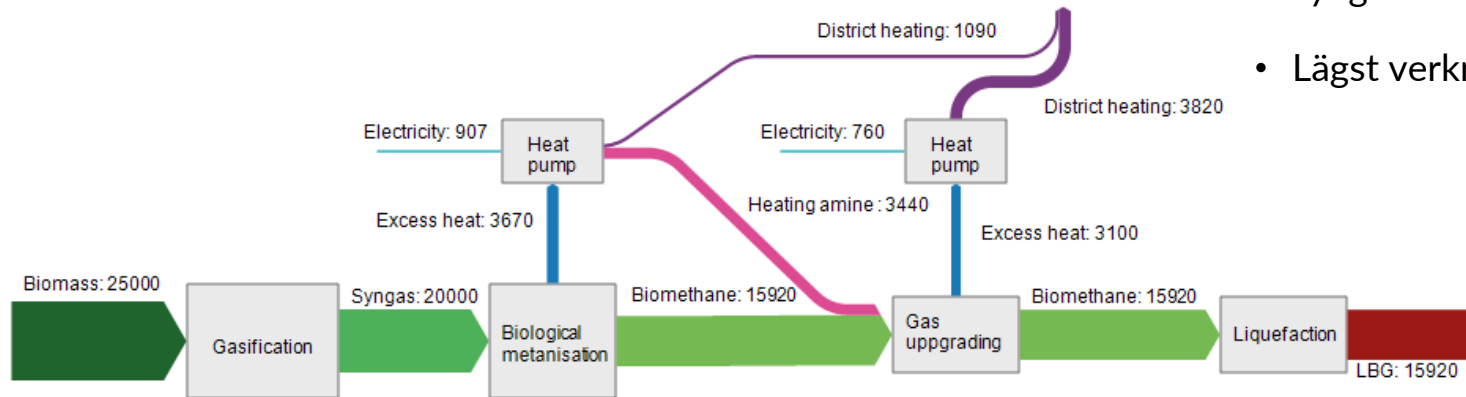
- Annuitetsmetoden

Parameter	Värde	Enhet
Tillgänglighet	8000	Timmar/år
Elpris	500	SEK/MWh
Ränta	9	%
Ekonomisk livslängd	20	År
GROT	190	SEK/MWh
RME	1938	SEK/MWh
Syngas (Envigas)	400	SEK/MWh

# Indata beräkningar växthusgasprestanda

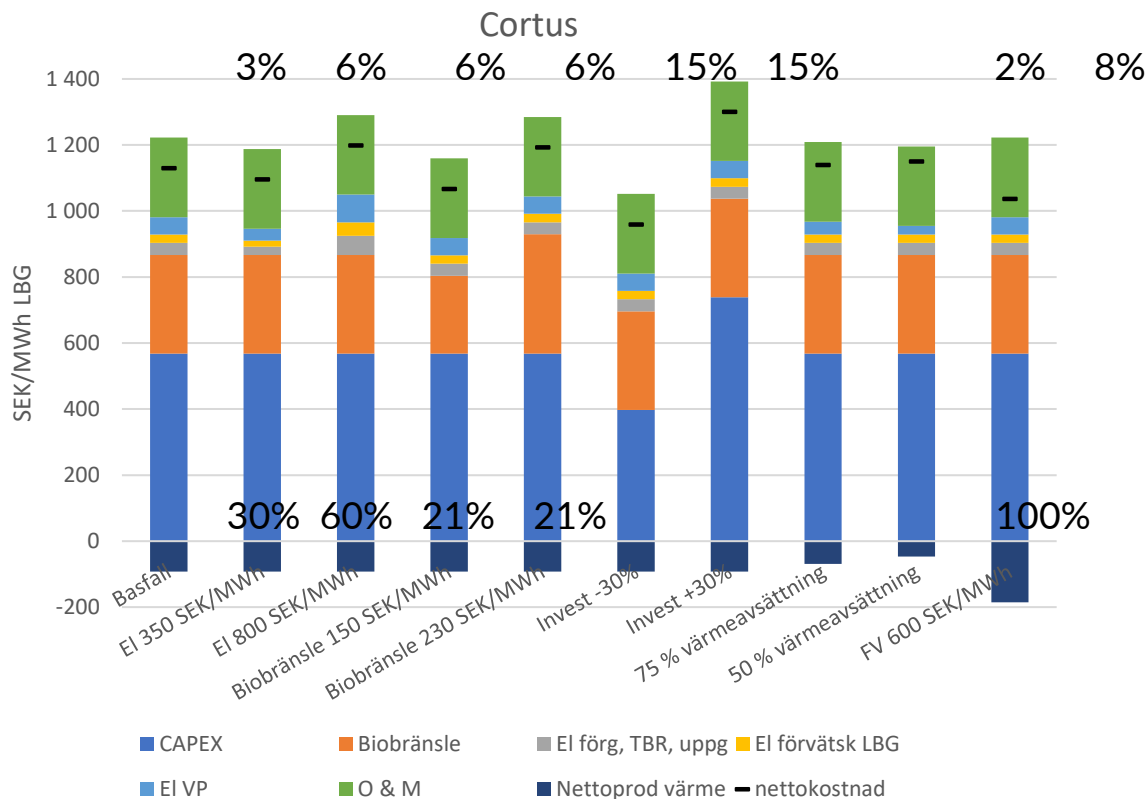
	Värde	Enhet
Operationstimmar	8000	timmar/år
Bränsle för uttag av biomassa	3	kWh/MWh
Bränsle för transport av biomassa	0,05	kWh/MWh, km
Svenska elmix	26	[kg CO <sub>2</sub> -eq/MWh]
Diesel MK1	275,76	[kg CO <sub>2</sub> -eq/MWh]
RME	108,7	[kg CO <sub>2</sub> -eq/MWh]
Naturgas	224	[kg CO <sub>2</sub> -eq/MWh]

# Energibalans [kW] för Cortus (LHV)



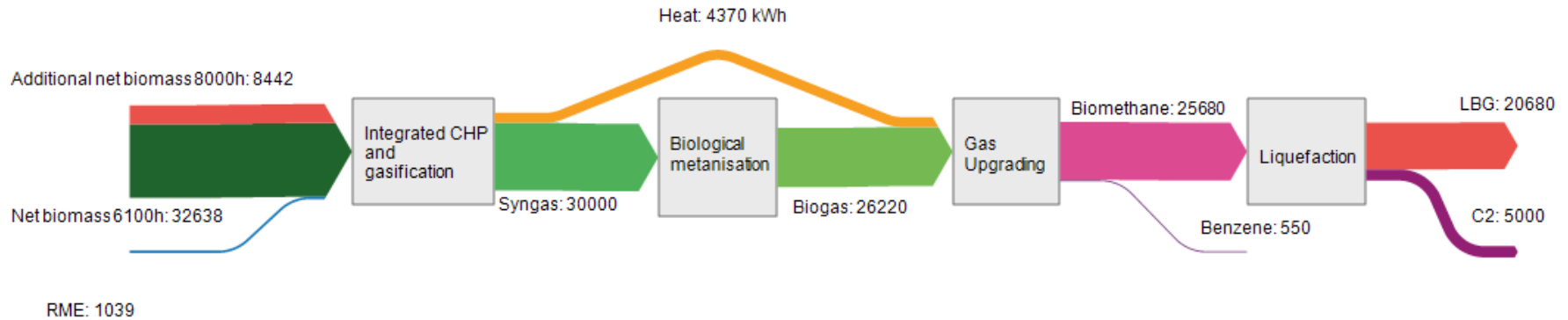
- 20 MW<sub>LHV</sub> Syngas
- 79,6% verkningsgrad från syngas till LBG
- Lägst verkningsgrad

# 7ÇÛÓÛÑ 2" | ë ÇÓÓ± - Ûëõû



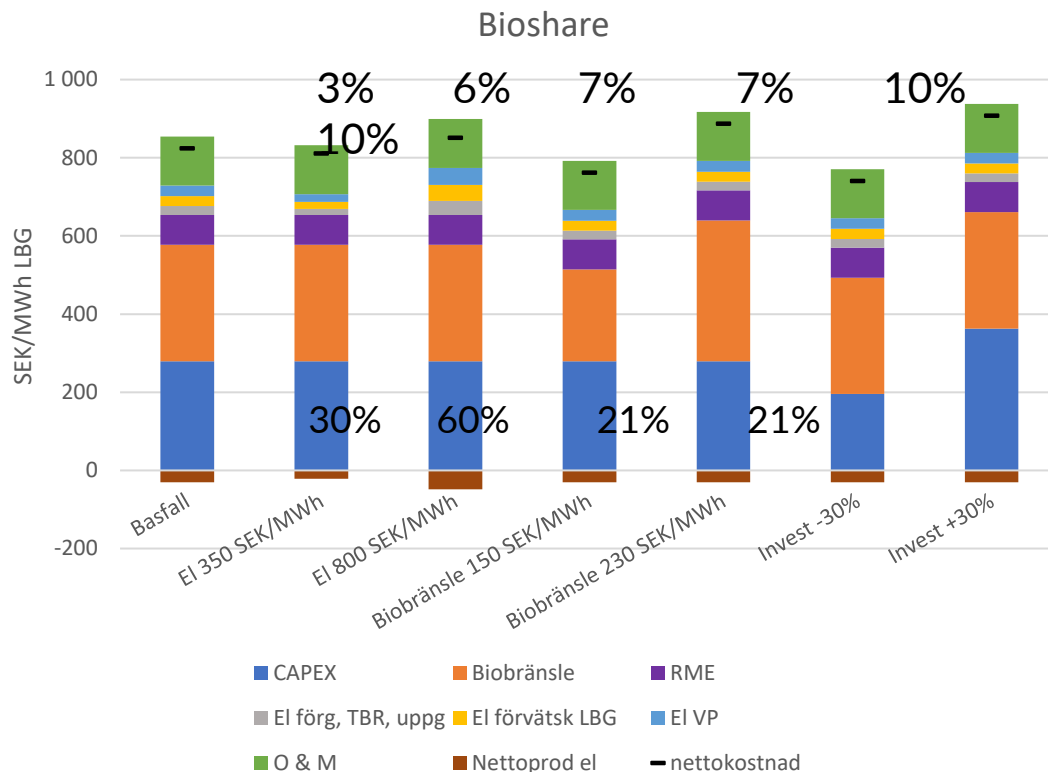
- Investeringskostnad 660 MSEK
- Produktionskostnad 1200 SEK/MWh LBG
- Nettokostnad 1100 SEK/MWh LBG
- Känsligast parametrar
  - Investeringskostnad
  - Fjärrvärmepris
  - Biobränslepris

# Energibalans [kW] för Bioshare (LHV)



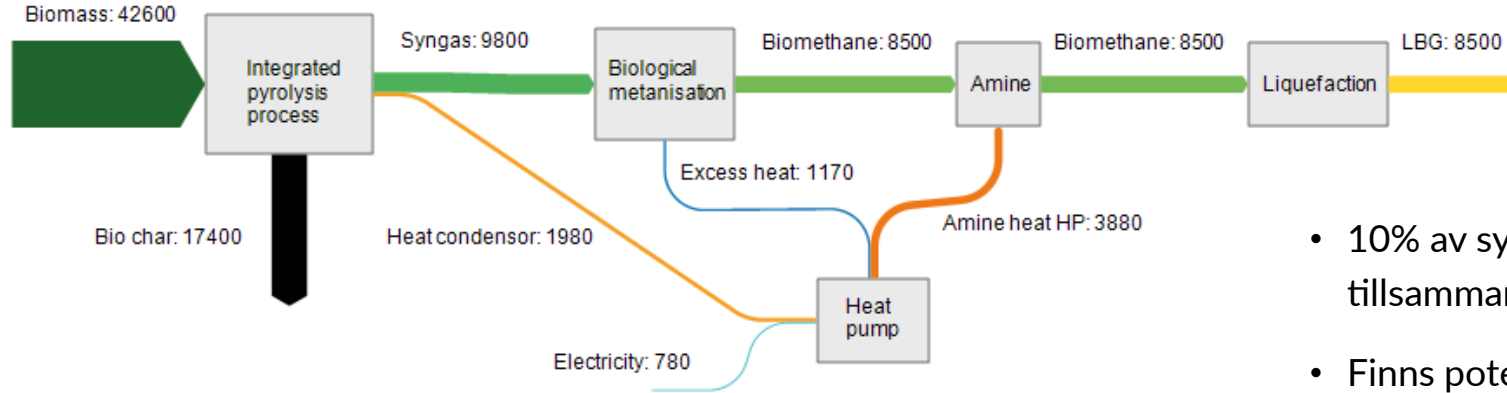
- Fuktigare biomassa -> sämre verkningsgrad men möjliggör fler bränslealternativ (sågspån, bark m.m)
- Efter 6110h finns ingen avsättning för överskottsvärme som fläktas bort.
- Två perioder 6110 och 8000 h med olika värmeavsättning
- Fler produkter; Bensen och C2
- Verkningsgrad syngas till LBG +C2+Bensen 87,4%
- Förenklad bild utan elbehov

# Ekonomiberäkning för Bioshare



- Investeringskostnad 535 MSEK
- Produktionskostnad 842 SEK/MWh LBG
- Nettokostnad 824 SEK/MWh LBG
- Lägst kostnad av de 3 undersökta koncepten
- Känsligast parametrar
  - Biobränslepris
  - Investeringskostnad
- Fler produkter, bensen och C2
- Kostnader allokeras även på C2 och bensen på energibasis
- Oljeskrubbern (RME) en relativt stor kostnad

# Energibalans [kWh] för Envigas (LHV)

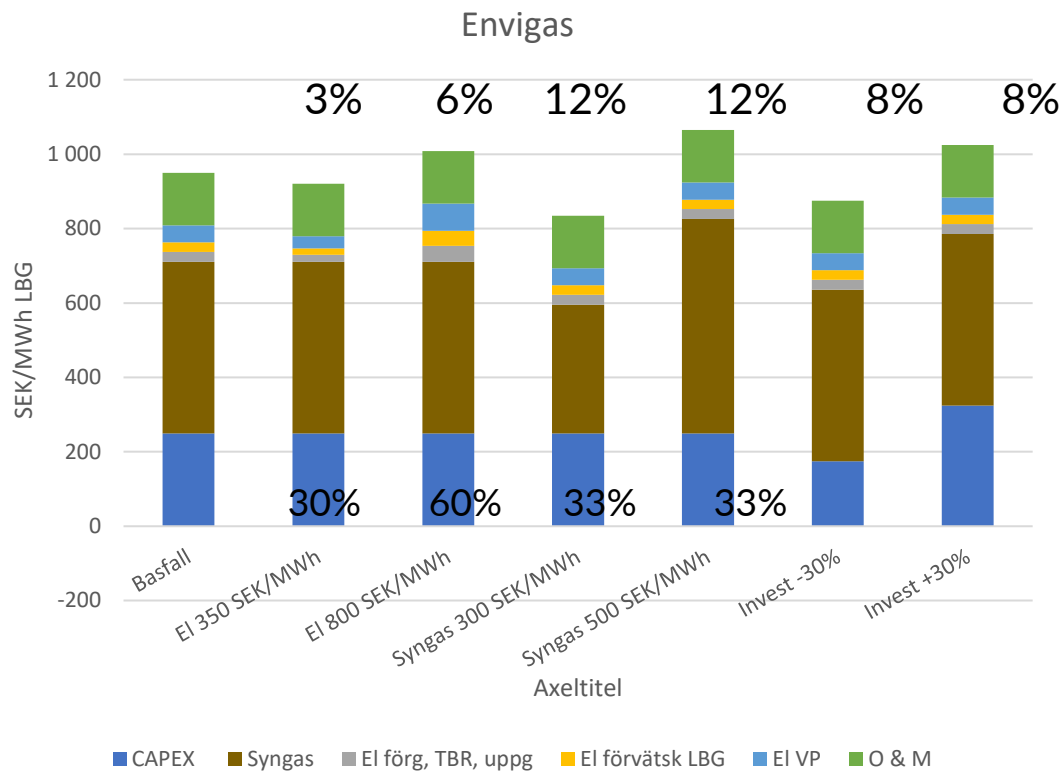


- Långsam pyrolysis
- 3 produkter, biokol (huvudprodukt), pyrolysolja (värme) och syngas
- Om marknad för pyrolysvätska kan värmebehovet fås från biobränsle istället
- Verkningsgrad syngas till LBG 86,7%, mest energi från biomassa går till biokol

- 10% av syngasen bränns tillsammans med pyrolysoljan
- Finns potential att öka intern värmeåtervinning -> minskad förbränning syngas
- Investeringar i extra produktionslinje skulle kunna medföra mer syngasprod - ej undersökt inom projektet



# Ekonomiberäkning Envigas



- Investeringskostnad 155 MSEK (nedströms pyrolys)
- Produktionskostnad 950 SEK/MWh LBG
- Kostnad för pyrolysanläggning ej allokerad på LBG, ansatt pris på syngas (400 SEK/MWh)
- Metaniseringen kan ses som ett sätt att öka värde på bi-produkt
- Känsligast parametrar
  - Syngaspris, svårbedömd
  - Investeringskostnad

# Ökad koleffektivitet

Omvandling av fyra mol kolmonoxid ger ett mol metan och tre mol koldioxid

Koldioxid bör nyttiggöras för att öka koleffektiviteten

# Ökad metanproduktion genom extra tillsatts av H

2

För varje mol koldioxid krävs fyra mol vätgas och genom metaniseringsprocessen omvandlas dessa till ett mol metan och två mol vatten.

- Grön vätgas
- CO<sub>2</sub> kan reduceras helt eller delvis
- Stora besparingar på nedströms uppgraderingskostnader
- biometan (från syngas) och e-metan (från el/vätgas)

	LBG från syngas	El till extra H <sub>2</sub>	e-metan från extra H <sub>2</sub>	Ökad LBG-prod	Total LBG-prod
	GWh/år	MW	GWh/år		GWh/år
Cortus	127	28	122	96%	249
Bioshare	205	36	155	75%	360
Envigas	68	32	138	202%	206

## Produktion av flytande CO<sub>2</sub> 2

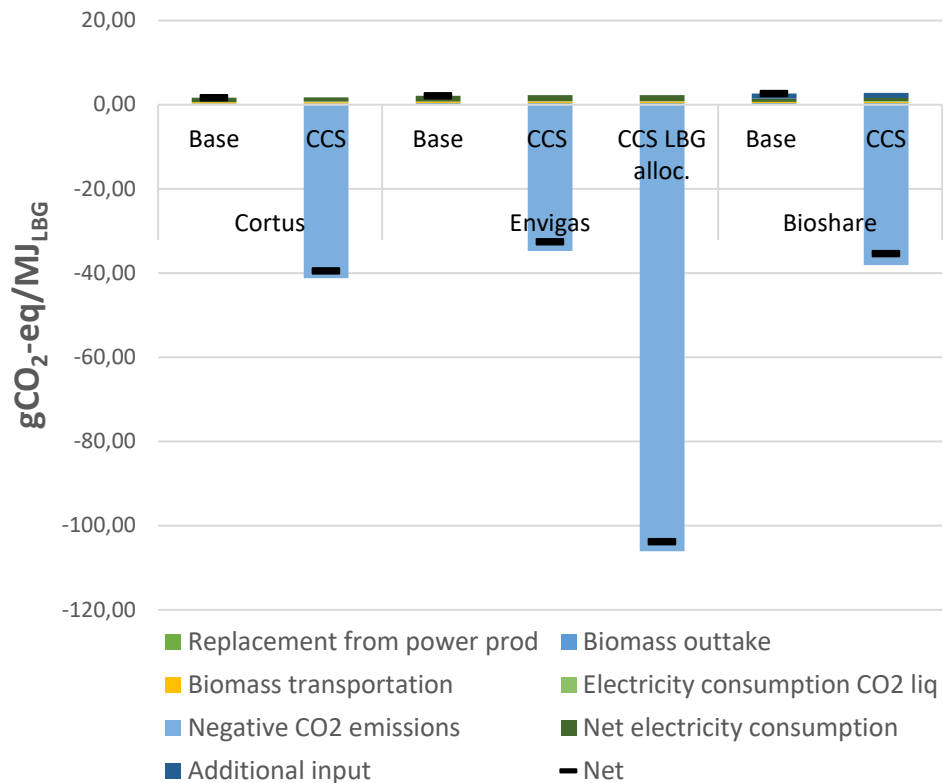
	LCO <sub>2</sub>	Produktionskostnad
	ton/år	SEK/ton CO <sub>2</sub>
Cortus	22 816	204
Bioshare	28 783	187
Envigas	25 964	195

Transport och lagrings	Kostnad per ton	Kostnad per ton och km
Lagring (15 000 ton/år)	50 SEK/ton	
Transport	30 SEK/ton	1,2 SEK/ton km

Bio-CCS från biogasanläggningar (2021)

- Bio-CCS
- Elektrobränslen
- Industrigas
- Annat (food grade CO<sub>2</sub>, växthus, osv)

# Växthusgasbalans



- Cortus 1,6 gCO<sub>2</sub>-eq/MJ<sub>LBG</sub>
- Envigas 2,1 gCO<sub>2</sub>-eq/MJ<sub>LBG</sub>
- Bioshare 2,6 gCO<sub>2</sub>-eq/MJ<sub>LBG</sub>
- Klimatpåverkan från fossil naturgas 62,2 gCO<sub>2</sub>-eq/MJ

## Bioshare 30MW

- 740-908 SEK/ MWh<sub>LBG</sub> - lägsta kostnaden av utvärderade koncept.
- Effektiv integration av förgasningsanläggning och KVV -> delade kostnader och effektivt energiutbyte
- Osäkerheter om RME-skrubber räcker i en kommersiell process, RME-förbrukningen samt den verkliga kostnaden för avskiljning av bensen. Behov av framtida studier.
- Förgasning vid låg temp genererar hög koncentration av C1-C3 och C6
- En del längre och inerta kolgedjor i envigas syngas vilket medför mindre behov av metanisering ->

## Envigas 10 MW

- 835-1065 SEK/MWh<sub>LBG</sub>
- Konkurrenskraftigt resultat trots syngas med lågt värmevärde och höga koncentrationer av CO<sub>2</sub>.
- Värdet för syngas svårbedömd då lokala förutsättningar bör ha hög påverkan. Ett lägre pris än antagna om 400 SEK/MWh hade ökat konkurrenskraften mycket.
- Hög koncentration CO<sub>2</sub> efter metanisering -> hög belastning på uppgradering (värme och elförbrukning), bra om CO<sub>2</sub> tas tillvara
- En del längre och inerta kolgedjor i envigas syngas vilket medför mindre behov av metanisering -> högre verkningsgrad

## Cortus 20 MW

- 959-1300 SEK/ MWh<sub>LBG</sub>
- Betydande att få högt pris på överskottsvärme
- Process designad för att generera en ren syngas med höga halter H<sub>2</sub> och CO.
- Biologisk metanisering har visat sig tåla föroreningar -> mervärdet av extra ren syngas lägre för en biologisk process jämfört med en katalytisk.
- Mycket gas att omsätta i metaniseringsprocessen (till skillnad från Bioshare och Envigas som har mer inerta kolväten (C<sub>1</sub>-C<sub>3</sub>)) -> behov av större reaktorvolym vilket driver kostnader och mer förluster, sämre verkningsgrad.
- Hög metanhalt i LBG, ren syngas medför förenkling nedströms
- Cortus har högst mognadsgrad (fullskalig anläggning i drift)

# Övergripande diskussion och slutsats

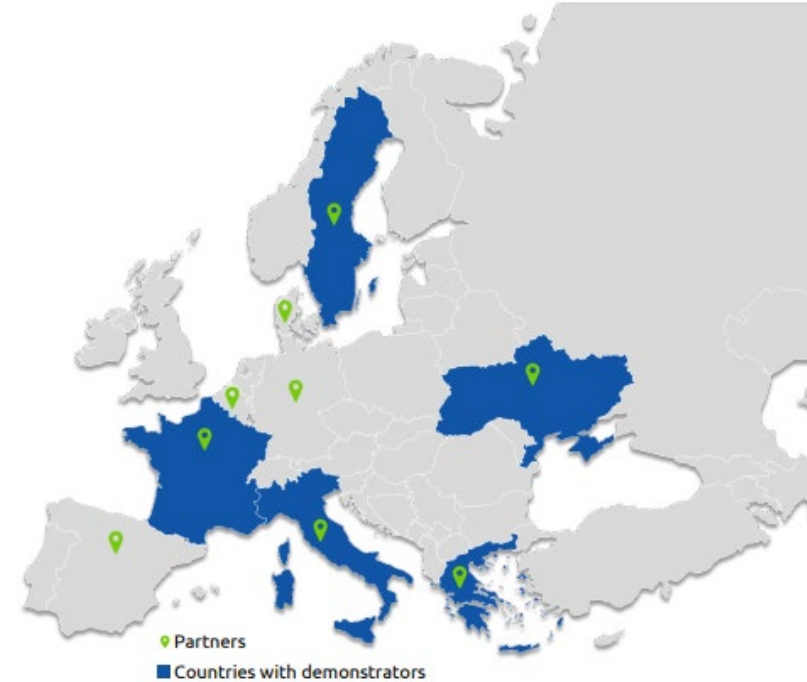
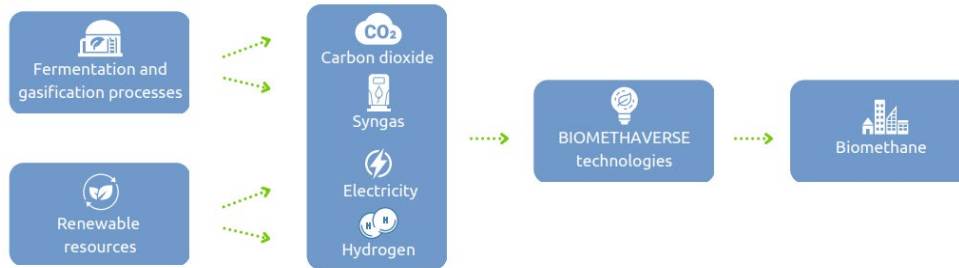
Biologisk syngasmetanisering (i labbskala) är en stabil och robust process, hög tolerans mot föroreningar

Produktionskostnad 740 till 1300 SEK/MWh<sub>LBG</sub>, inkluderat alla känslighetsscenarier

Ekonomisk potential som motiverar att fortsätta vidareutveckla koncept baserat på biologisk syngasmetanisering

Nästa steg i utvecklingen är uppskalning till pilotskala vilket sker under 2023-2025

# innovations in the BIOMETHANE universe



- Demonstration of Innovative Biomethane Pathways
- Assessment and Optimisation of Innovative Biomethane Pathways
- Replicability, Planning Decisions, Market Penetration, and Policy Dimension
- Dissemination, Exploitation & Communication

## Five innovative biomethane production pathways

- ✓ In -Situ and Ex-Situ Electromethanogenesis (EMG) in France
- ✓ Ex-Situ Thermochemical/catalytic Methanation (ETM) in Greece
- ✓ Ex-Situ Biological Methanation (EBM) in Italy
- ✓ Ex-Situ Syngas Biological Methanation (ESB) in Sweden
- ✓ In -Situ Biological Methanation (IBM) in Ukraine





# Ex-Situ Syngas Biological Methanation (ESB) in Sweden

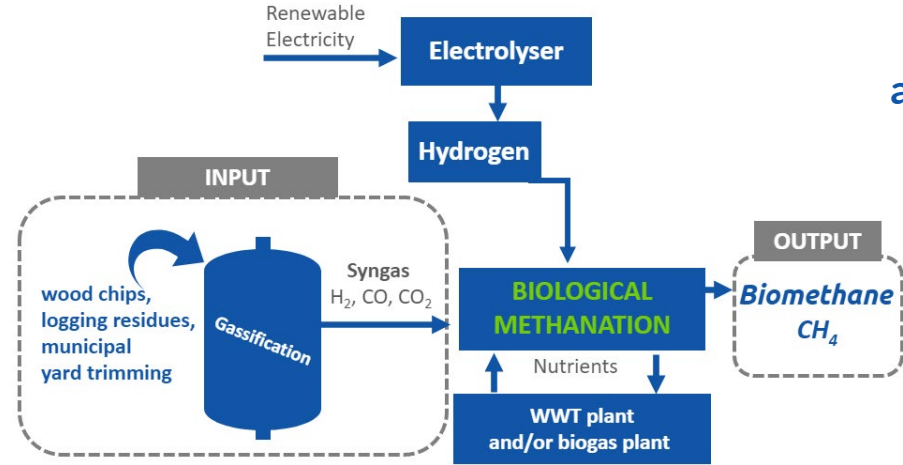
## Demonstration site: HÖGANÄS, GÖTALAND REGION



**Feedstock:** wood chips, logging residues, municipal yard trimming

### Main numbers:

- 6 MW gasification plant owned
- Syngas H<sub>2</sub> (55%) CO (30%) CO<sub>2</sub> (14%) CH<sub>4</sub> (1%)



TRL  
advance:  
4 → 6-7

**Technology:** Demo plant containerized and fully mobile. Biological methanation of syngas (CO and H<sub>2</sub>) and nutrient solution (i.e., digestate or from H<sub>2</sub>O after S/L of WWT sludge) with or w/o external electrolyser that provide additional H<sub>2</sub> from renewable electricity.

**Input :** 10 kW syngas (+H<sub>2</sub>)


**Output:** 16 kW biomethane




# Thank you!

## Follow Biomethaverse:

[www.biomethaverse.eu](http://www.biomethaverse.eu) 

[@European\\_Biogas](https://twitter.com/European_Biogas) 

[@European Biogas Association](https://www.linkedin.com/company/european-biogas-association/) 

Coordinator: Stefano Proietti, ISINNOVA

Email: [sproietti@isinnova.org](mailto:sproietti@isinnova.org)



# Tack!

[karin.berg@ri.se](mailto:karin.berg@ri.se)